



بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا
(الاتجاهات والتداعيات)

تنظيم وإشراف

قسم الجغرافيا بكلية الآداب/جامعة سرت

سرت 29 ديسمبر 2022م

تحرير

أ.د.حسين مسعود ابومدينة أ.د.أنور فتح اللّه اسماعيل

منشورات مركز البحوث والاستشارات - جامعة سرت

الطبعة الأولي 2022م





بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا

(الاتجاهات والتداعيات)

سرت 29 ديسمبر 2022م

تنظيم وإشراف:

قسم الجغرافيا بكلية الآداب/ جامعة سرت

تحرير

أ. د. حسين مسعود أبومدينة　　　أ. د. أنور فتح الله اسماعيل

المراجعة اللغوية

د. فوزية أحمد عبدالحفيظ الواسع

منشورات مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت

الطبعة الأولى 2022م





بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا (الاتجاهات والتداعيات)

الوكالة الليبية للترقيم الدولي الموحد للكتاب

دار الكتب الوطنية

بنغازي – ليبيا

هاتف: 9097074 - 9096379 - 9090509
بريد مصور: 9097073
البريد الالكتروني: nat_lib_libya@hotmail.com

رقم الإيداع القانوني 812 / 2022م

رقم الإيداع الدولي: ردمك 1-34-891-9959-978 ISBN

جميع البحوث والآراء المنشورة في هذا المؤتمر لا تعبر إلا عن وجهة نظر أصحابها، ولا تعكس بالضرورة رأي مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت.

الطبعة الأولى 2022م





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

وَهُوَ ٱلَّذِى يُرْسِلُ ٱلرِّيَٰحَ بُشْرًۢا بَيْنَ يَدَىْ رَحْمَتِهِۦ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَآ
أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَٰهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنزَلْنَا بِهِ ٱلْمَآءَ
فَأَخْرَجْنَا بِهِۦ مِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِ ۚ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ ٱلْمَوْتَىٰ
لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿57﴾

سورة الأعراف : آية (57).

صدق الله العظيم





د. سليمان مفتاح الشاطر
رئيس جامعة سرت
المشرف العام للمؤتمر

أ. د. الطيب محمد القبي
وكيل الشؤون العلمية بجامعة سرت
رئيس اللجنة التحضيرية للمؤتمر

أعضاء اللجنة التحضيرية

أ. د. عبدالعزيز علي صداقة	أ. د. وائل محمد جبـريل
د. اسماعيل فرج عبدالناصر	د. جبريل صالح الديبالي
أ. جمـعة محــمد الغـــناي	أ. خـــولـــة على امحمد
عبدالحليم مفتاح الشــاطر	يوسف محمد الكرامي

علي محمد الأسمر

أ. د. أنور فتح الله اسماعيل
رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر

أعضاء اللجنة العلمية

أ. د. حسين مسعود أبومدينة	أ. د. محمد عبــدالله لامه
أ. د. مولـــــود علي بريبش	أ. د. خالد محمد بن عمور
أ. د. الصيد صالح الجيلاني	أ. د. إبراهيم الهادي دخيل
د. محمـــود محمد سليمان	د. غـــادة محمد هــويدي

المحتويات

المحتويات

كلمة رئيس الجامعة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

في إطار دعم وتشجيع المناشط العلمية كالمؤتمرات والندوات العلمية وورش العمل، والتي ترى الجامعة أنها إحدى مهامها الرئيسة التي تسعى إلى إرسائها والحفاظ على استمراريتها؛ عليه دأبت الجامعة منذ تأسيسها على الاهتمام بهذه المناشط العلمية التعليمية إيماناً منها بأهميتها، ومن أهم هذه المناشط المؤتمرات العلمية، التي أولتها الجامعة اهتماماً خاصاً إدراكاً منها بمدى فاعليتها في تحقيق التقدم والتطور الحضاري واستمراريته، حيث أصبحت منهجية البحث العلمي وأساليب القيام به من الأمور المسلَّم بها في المؤسسات الأكاديمية ومراكز البحوث، وعلاوة على ما يحققه البحث العلمي من منافع للمجتمع الإنساني فإنه يفتح آفاقاً معرفيةً جديدةً أمام الباحث؛ ممّا يُسهم في تحسين مهاراته الفكرية والثقافية والاجتماعية؛ ولذلك عقدت الجامعة عددًا من المؤتمرات العلمية التخصصية برعاية الجامعة وتنظيم إحدى الكليات، وكان لكلية الآداب نصيب الأسد، إذ نضمت فيما مضى ستة مؤتمرات علمية، واليوم تعقد مؤتمرها السابع بعنوان (**التغيرات المناخية في ليبيا "الاتجاهات والتداعيات"**)، والذي ينظمه ويشرف عليه قسم الجغرافيا بالكلية.

إنَّ موضوع التغيرات المناخية من الموضوعات المهمة التي أصبحت محور اهتمام المنظمات الدولية وعلى رأسها الأمم المتحدة، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) بشكل خاص؛ وذلك لأهميتها في صناعة القرار الدولي بعد أن كانت حبيسة الأروقة العلمية، وما تقوم به الأمم المتحدة وبرنامجها المعني بالمناخ من جهود ضخمة تتبلور في عقد اتفاقيات دولية ومؤتمرات سنوية بشأن تغير المناخ وبمشاركة نحو 200 دولة كان آخرها (COP27) الذي عُقد في الشهر الماضي (نوفمبر 2022م) بشرم الشيخ بجمهورية مصر العربية لهو خير دليلٍ على أنَّ التغير المناخي من أبرز المشكلات التي تسعى جميع دول العالم للحد من آثارها لما لها من تداعيات خطرة على النظم البيئية والأنشطة البشرية.

ونحن إذ نبارك انعقاد مؤتمر (**التغيرات المناخية في ليبيا "الاتجاهات والتداعيات"**) فإننا نتقدم بالشكر إلى البُحَّاث المشاركين ببحوثهم القيّمة من أجل إثراء الموضوع، كما نشكر اللجان العلمية والتحضيرية للمؤتمر، والتي واكبت تجهيزاته الأولية إلى لحظة الانعقاد، كما نحيي كافة الجهات التي أسهمت في إنجاح هذا المؤتمر العلمي.

وختامًا.. فإنَّ جامعة سرت ترحب بأن تكون حاضنة لانعقاد المؤتمرات والندوات العلمية الهادفة التي تسهم في بناء مستقبل وطننا الحبيب **ليبيا**.

وفقكم الله وسدد خُطاكم

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

د. سليمان مفتاح الشاطر
رئيس جامعة سرت

كلمة اللجنة العلمية:

بسم الله، الحمد لله، والصلاة والسلام على رسول الله، وعلى آله وصحبه ومن والاه، وبعد:

فموضوع هذا المؤتمر هو الشغل الشاغل للمختصين، والاهتمام الحاضر للمتابعين؛ لأنَّ التغير المناخي هو السبب الرئيس في التغير الفعلي لكثير من مسارات الحياة في شتى نواحيها، خاصة في دولة مثل ليبيا، حيث أنَّ الأنشطة البشرية غير مرشدة والنظم البيئية هشَّة؛ لذلك كان لزاماً معرفة الاتجاهات ثم التداعيات للتغيرات المناخية حتى يتسنى الاستعداد لكل ما هو مرتقب أو متوقع، وهذا ما تهدف إليه محاور المؤتمر، وقد جاءت على النحو الآتي:

المحور الأول: اتجاهات التغيرات المناخية في ليبيا.

المحور الثاني: آثار الأنشطة البشرية على التغيرات المناخية.

المحور الثالث: تداعيات التغيرات المناخية.

المحور الرابع: استراتيجيات التكيّف مع التغير المناخي.

وقد بلغ عدد الملخصات المقدمة للَّجنة العلمية ثمانية وثلاثين ملخصاً، وعدد الأبحاث المرسلة خمسَ وعشرين بحثاً، عدد المقبول منها أربعة عشر بحثاً وفقاً للمعايير العلمية والفنية التي اعتمدتها اللجنة العلمية.

ومن باب الاعتراف بالمعروف، وإرجاع الفضل إلى أهله، فإن اللجنة العلمية تتقدم بوافر الشكر والتقدير والاحترام وعظيم الامتنان لجامعة سرت متمثلة في السيد: **د. سليمان مفتاح الشاطر** رئيس الجامعة، و **أ. د. الطيب مُحَّد القبي** وكيل الجامعة للشؤون العلمية، و **أ. د حسين مسعود أبومدينة** مدير إدارة الدراسات العليا والتدريب بالجامعة، و **د. إسماعيل فرج عبد الناصر** عميد كلية الآداب، و **أ. جمعة مُحَّد الغناي** رئيس قسم الجغرافيا، وكذلك السادة رئيس وأعضاء اللجنة التحضرية، وكل من أسهم معهم في هذا العمل الكبير.

نجدد لهم الشكر والتقدير لاحتضانهم هذا المؤتمر، والعمل على نجاحه على هذا النحو المتميز الرائع.

وتتطلع اللجنة العلمية من خلال البحوث الرصينة المقدمة في هذا المؤتمر إلى تقديم ما فيه النفع والخير لبلادنا.

أ. د. أنور فتح الله إسماعيل
رئيس اللجنة العلمية

التغير المناخي في ليبيا وأثره على البيئة والموارد المائية

أ. سليمان صالح الباروني
المركز الليبي للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء
sssbaruni@yahoo.com

الملخص:

تُعَدُّ ليبيا من أكثر المناطق جفافاً في العالم المتميز بقلة معدلات سقوط الأمطار وتذبذبها بشكل كبير، وتفتقر البلاد إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان، وتغطي الصحراء ما يزيد عن 85% من مساحتها، والجزء المتبقي هو عبارة عن شريط ساحلي وهو معرض للتصحر أيضاً؛ لذلك من المتوقع أن تواجه ليبيا بشكل كبير تحديات خطيرة بسبب ظاهرة تغير المناخ في العقود القادمة.

كما تُعَدُّ الأنشطة البشرية السبب الرئيس لتغيّر المناخ وزيادة درجة حرارة الأرض على مدى الخمسين سنة الماضية (منذ بداية الثورة الصناعية)، حيث أدّت الأنشطة الصناعية إلى حرق كميات متزايدة من الوقود الأحفوري، أدت إلى رفع مستويات الغازات الدفيئة (الاحتباس الحراري)، مثل: غاز ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي بشكل كبير جداً. لقد سببت هذه الغازات من رفع حرارة الكوكب إلى 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية.

تشير بعض الدراسات في مجال التغير المناخي بأن الأمطار على المستوى الوطني تشهد تناقصاً ملحوظاً منذ منتصف القرن الماضي، وتراجعاً في عدد الأيام الممطرة خلال مواسم الأمطار، كما أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في ارتفاع طفيف مصحوباً بزيادة مطردة لموجات الحر.

كما تشير هذه الدراسات إلى أن سيناريوهات التغير المناخي توقعت تناقصاً كبيراً في كميات الهطول على ليبيا يصل إلى 40% وزيادة في بعض التطرفات المناخية الأخرى كالفيضانات، والفيضانات الخاطفة، وموجات الجفاف والحرارة حدةً ومقداراً.

هذه الظروف تضع كافة الموارد الطبيعية والبيئية لليبيا وخاصة منها الموارد المائية، (أهم متطلبات التنمية المستدامة)، تحت المحك وتجعلها أكثر ضُعفاً للتصدي والاستجابة لآثار التغيرات المناخية على المستويين المكاني والزماني.

الكلمات المفتاحية: التغير المناخي، الموارد المائية، البيئة، الأمطار.

Climate change in Libya and its impact on the environment and water resources

Suleiman Saleh Al-Baroni
Libyan Center for Remote Sensing and Space Sciences
sssbaruni@yahoo.com

Abstract

Libya is considered one of the driest regions in the world, characterized by low and highly variable rainfall rates. The country lacks permanent surface water sources. The desert covers more than 85% of its area, and the remaining part is a coastal strip that is also subject to desertification. Therefore, it is expected that Libya will face significantly serious challenges due to the phenomenon of climate change in the coming decades.

Human activities are the main cause of climate change and global warming over the past fifty years (since the beginning of the industrial revolution), as industrial activities led to burning growing amounts of fossil fuels, which led to raising levels of greenhouse gases (global warming) such as: Carbon, methane, and nitrogen oxide in the atmosphere are very large. These gases have caused the planet's temperature to rise to 1.2 degrees Celsius compared to pre-industrial levels.

Some studies in the field of climate change indicate that rainfall at the national level has witnessed a noticeable decrease since the middle of the last century, and a decrease in the number of rainy days during the rainy seasons, and the annual average temperature is slightly higher, accompanied by a steady increase in heat waves. These studies also indicate that climate change scenarios expected a significant decrease in precipitation amounts on Libya, up to 40%, and an increase in some other climatic extremes such as floods, flash floods, droughts and heat waves, in intensity and quantity. These conditions put the natural and environmental resources, especially water resources, (the most important requirements for sustainable development) to the test and make it more vulnerable to respond to the effects of climate change at the spatial-temporal levels.

Key Words: Climate Change, Water Resources, Environment, Rainfall

1- مقدمة:

ظاهرة التغير المناخي هي ظاهرة طبيعية تحدث كل عدة آلاف من السنين، وهذ يمكن تأكيده من خلال ما حدث للصحراء الليبية منذ حوالي أكثر من 12,000 عام، عندما كانت الأمطار غزيرة، وكانت الصحراء الكبرى تغطيها النباتات وغنية بالغابات والأدغال ونباتات السافانا، والحيوانات. وتنتشر الرسومات الصخرية في الصحراء الليبية، حيث توجد في جبال أكاكس رسومات منحوتة لعدة أنواع من الحيوانات على الصخور، مثل: الزرفات والفيلة والنعام والجمال، والتي تعكس طبيعة المنطقة في ذلك الوقت، حيث كانت تشهد مناخ أكثر رطوبة وغنى بالحياة البرية. ثم بدأت الصحراء الكبرى تتعرض لدورة جفاف، مما نتج عنه اختفاء جميع الأنهار دائمة الجريان. ومنذ ذلك الحين أصبح مصدر المياه العذبة الوحيد المتاح للاستغلال هو المياه الجوفية الأحفورية التي تعود إلى حقبة الحياة الوسطى، حيث تشير الدراسات باستخدام النظائر المشعة (الكربون المشع) إلى أن هذه المياه تعود إلى فترة تتراوح ما بين 14,000 إلى أكثر من 40,000 عام.

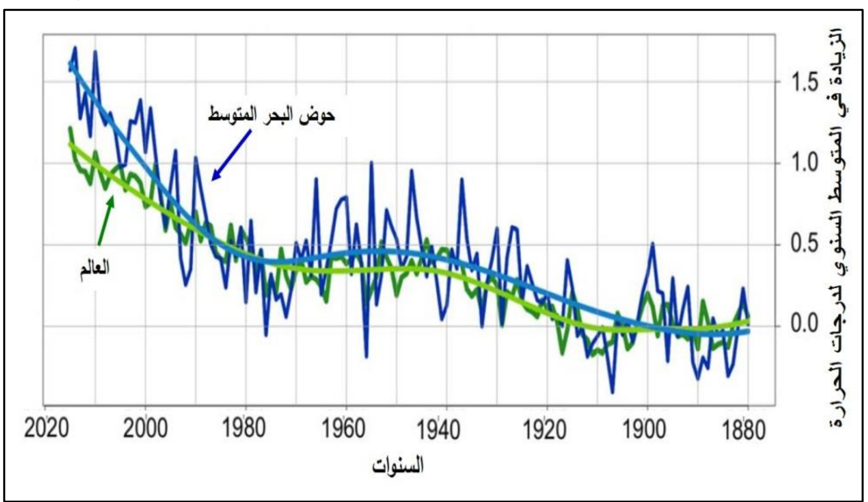
تغير المناخ أو التغير المناخي هو أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة. يمكن أن يشمل معدل حالة الطقس، معدل درجات الحرارة، معدل تساقط الأمطار وحالة الرياح. هذه التغيرات يمكن أن يسببها النشاط البركاني للأرض، أو بسبب التغير في شدة أشعة الشمس أو سقوط النيازك الكبيرة، ومؤخراً بسبب نشاطات الإنسان.

تُعَدُّ الأنشطة البشرية السبب الرئيس لتغيّر المناخ وزيادة درجة حرارة الأرض على مدى الخمسين سنة الماضية، إذ أدّت الأنشطة الصناعية التي تعتمد عليها طبيعة الحياة الجديدة إلى رفع مستويات الغازات الدفيئة (الاحتباس الحراري)، مثل: غاز ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي بشكل كبير جداً، فقد بدأ الإنسان منذ بداية الثورة الصناعية بحرق كميات متزايدة من الوقود الأحفوري، مما أدى إلى تراكم الغازات في الجوّ لتكون غلاف حول الأرض يشبه الصوبة (البيت الزجاجي)، هذه الغازات تتميز بقدرتها العالية على امتصاص الحرارة الصادرة من الأرض والاحتفاظ بها لفترة طويلة ثم اشعاعها مرة اخرى للأرض مما يزيد من درجة حرارتها. لقد سببت هذه الغازات من رفع حرارة الكوكب

إلى 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. بالإضافة إلى قطع الأشجار، وتحويل مساحات شاسعة من أراضي الغابات إلى أراضٍ زراعية، والعديد من الأنشطة الأخرى التي أدت إلى ظاهرة الاحتباس الحراري.

بناءً على ما ورد في تقرير التقييم الأوليّ للمخاطر المترابطة بالمناخ والتغيّرات البيئية في منطقة البحر المتوسّط المعد من قبل شبكة الخبراء المعنية بالتغيّرات المناخية والبيئية في منطقة البحر الأبيض المتوسّط (2019)، فإن الزيادة الحاليّة في المتوسّط السنوي لدرجة الحرارة في منطقة البحر المتوسّط قدرت بحوالي 1.5 درجة مئوية، وذلك مقارنةً بالمستويات التي كانت عليها خلال الفترة التي سبقت الثورة الصناعية (1880 - 1899)، والتي تتجاوز المعدلات العالمية لارتفاع درجات الحرارة (+ 1.1 درجة مئوية). والشكل (1) يبين ارتفاع حرارة الغلاف الجوي مع الزمن (الزيادة في متوسط درجات الحرارة السنوية مقارنة بالفترة 1880-1899).


شكل (1) الزيادة في المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في حوض البحر المتوسط والعالم.



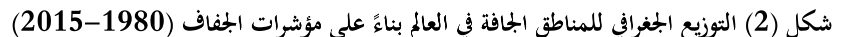
إنَّ اللجنة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) ترجع معظم السخونة الملاحظة على مدار آخر 50 عاماً إلى الأنشطة البشرية. وقد أدت هذه التغيرات إلى حدوث الكثير من المخاطر البيئية مثل:

- تقلص حجم طبقة الأوزون.
- فقدان التنوع الحيوي.
- انتشار الأمراض المرتبطة بالحرارة، وارتفاع معدل الوفيات الناتجة عن سوء الأحوال الجوية، وأمراض الربو والقلب والأوعية الدموية التي قد يسببها تلوث الهواء.
- نقص المياه العذبة النقية، وذلك بسبب الجفاف، وأيضاً هطول الأمطار الغزيرة يسبب تلوث مصادر المياه.
- انخفاض الإمدادات الغذائية والزراعية، حيث أن للطقس القاسي دور في تدمير المحاصيل الزراعية، وينتج عن ذلك سوء التغذية والمجاعات.
- تسبب العواصف والأعاصير والجفاف نقص المأوى، فهناك الكثير من الشعوب تعاني من حالة نزوح اللاجئين.
- ارتفاع مستويات البحر، وتقلص الصفائح الجليدية، وتحمض المحيطات، كل ذلك قد يتسبب مستقبلاً في حدوث الكوارث.

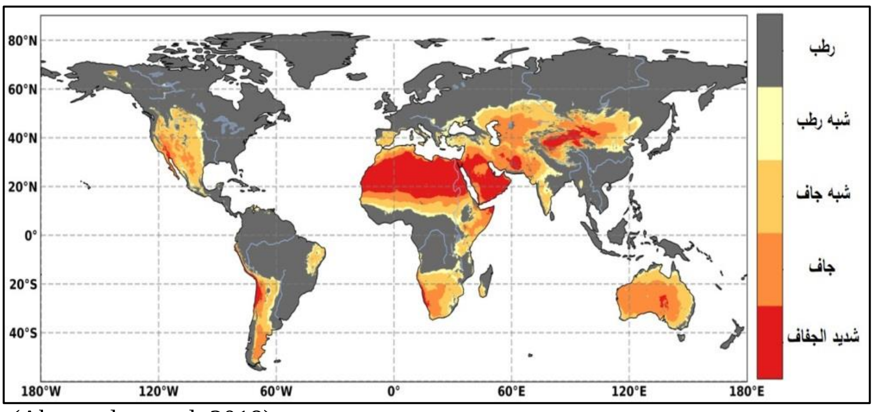
2- التغير المناخي في ليبيا:

على المستوى المحلي فإن ليبيا تقع ضمن مناطق المناخ شبه الجاف إلى شديد الجفاف المتميز بقلة معدلات سقوط الأمطار وتذبذبها بشكل كبير، والافتقار إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان، وتغطي الصحراء ما يزيد عن 85% من مساحة البلاد، والجزء المتبقي هو عبارة عن شريط ساحلي وهو معرض للتصحر أيضاً، وأكثر عرضة لمخاطر التغيرات المناخية. والشكل (2) خريطة تبين التوزيع الجغرافي للمناطق الجافة في العالم بناءً على مؤشرات الجفاف المتحصل عليها من بيانات الأمطار والبخر نتح المحتمل خلال الفترة (1980-2015).

لذلك من المتوقع أن تتأثر ليبيا إلى حد كبير بظاهرة التغير المناخي مستقبلاً من خلال تدني كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة بالإضافة إلى تكرار فترات الجفاف، وسيكون للتغيرات المناخية المتوقعة تأثيرات قوية على الموارد المائية، خاصة وأن هذه الموارد تعاني من العديد من القيود والضغوط التي تجعلها في وضع هش، وأكثر تأثراً بالإحترار والجفاف الذي قد يحدث مستقبلاً.



شكل (2) التوزيع الجغرافي للمناطق الجافة في العالم بناءً على مؤشرات الجفاف (1980–2015)



(Abatzoglou et al. 2018)

التغيرات المناخية وما يرتبط بها من مخاطر وأثار مثل التصحر وتدهور الأراضي والجفاف من أهم الظواهر التي تسبب تحديات كبيرة على المستوى الكوني، وتتمثل هذه التغيرات في الزيادات الكبيرة في الانبعاثات الكربونية، والتي أدت إلى تكون ظاهرة الاحتباس الحرارى، ولاشك أن ليبيا تتأثر بتلك التغيرات المناخية على نطاق واسع خاصة في قطاع المياه والزراعة.

تشير بعض الدراسات في مجال التغير المناخي إلى أن الأمطار على المستوى الوطني تشهد تناقصاً ملحوظاً منذ منتصف القرن الماضي، وتراجعاً في عدد الأيام الممطرة خلال مواسم الأمطار، كما أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة في ارتفاع طفيف مصحوباً بزيادة مطردة لموجات الحر. أما متوسط سنوات الجفاف فبلغ 16 سنة، حيث اعتبرت سنة 1936 ثم سنة 2021 أكثر السنوات جفافاً من الناحية المناخية خلال الفترة (1901 – 2021). أما متوسط الفيضانات التي ضربت البلاد خلال الفترة (1981–2010) فبلغ 13 فيضاناً.

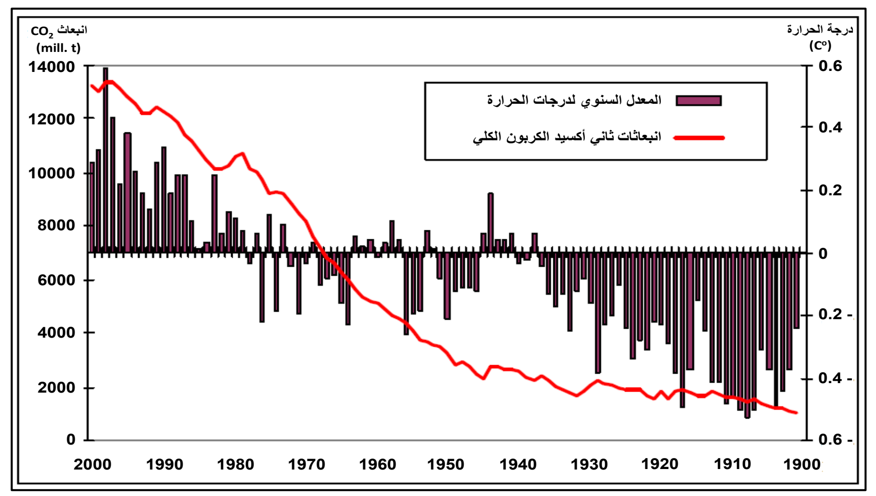
كما تشير هذه الدراسات إلى أن سيناريوهات التغير المناخي توقعت تناقصاً كبيراً في كميات الهطول على ليبيا يصل إلى 40% وزيادة في بعض التطرفات المناخية الأخرى كالفيضانات، والفيضانات الخاطفة، وموجات الجفاف والحرارة حدةً ومقداراً.

هذه الظروف تضع كافة الموارد الطبيعية والبيئية لليبيا وخاصة منها الموارد المائية، (أهم متطلبات التنمية المستدامة)، تحت المحك وتجعلها أكثر ضُعفاً للتصدي والاستجابة لآثار التغيرات المناخية على المستويين المكاني والزماني.

بشكل عام، لا توجد تدابير عملية يتم اتخاذها لرصد آثار تغير المناخ على موارد المياه والإنتاج الزراعي والبيئة، إذا استبعدنا بعض الأبحاث الأكاديمية المتعلقة بدراسة وتقييم تغير المناخ بناءً على البيانات المناخية المتاحة مثل درجات الحرارة وهطول الأمطار على مدى السنوات الماضية (أكثر من 100 عام).

الطنطاوي (2005) في أطروحة الدكتوراه بعنوان "تغير المناخ في ليبيا وتصحر سهل الجفارة" استخدم البيانات المناخية لـ 15 محطة في ليبيا متوفرة لدى المركز الوطني الليبي للارصاد الجوية على مدى 54 عاماً خلال الفترة (1946-2000). حيث ورد في هذه الأطروحة إلى أن معظم الدراسات المتعلقة بتغير المناخ تشير إلى أن تركيزات ثاني أكسيد الكربون قد ازدادت في الغلاف الجوي للأرض على مدى العقود الثلاثة الماضية بسبب التأثيرات البشرية. لقد تم حساب معامل الارتباط لتحديد العلاقة بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ومتوسط درجة الحرارة السنوية العالمية في القرن العشرين، حيث لوحظ أن العلاقة بينهما كانت عالية، وكان معامل الارتباط موجباً بشكل ملحوظ عند 0.78 (شكل 3).

شكل (3) المتوسط السنوي العالمي لدرجات الحرارة وتركيزات ثاني أكسيد الكربون في القرن العشرين.

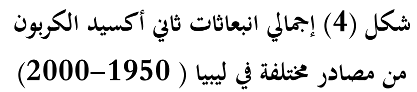


المصدر: Jones, et al., 2001 and Marland, et al., 2003.

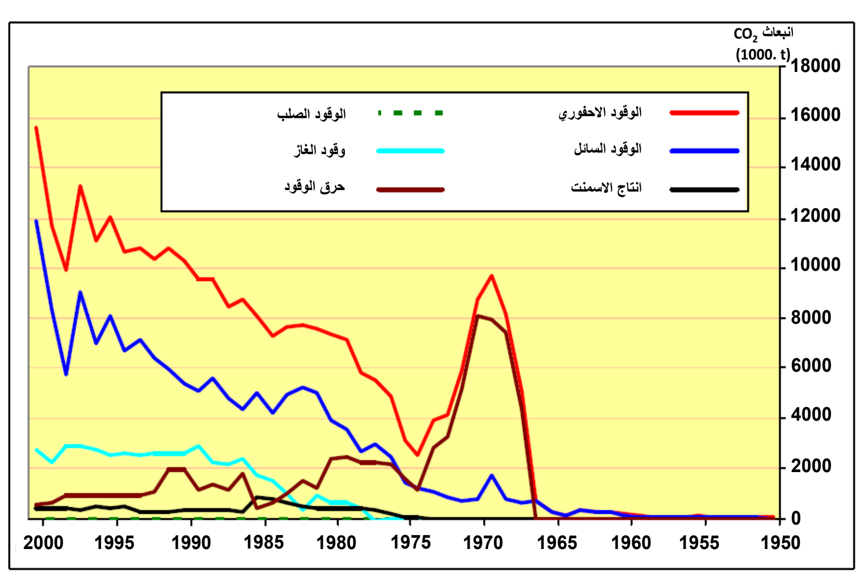
علاقة الارتباط العالية بين ارتفاع درجة الحرارة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تم ملاحظته كذلك في ليبيا، لقد بلغ إجمالي استهلاك الطاقة حوالي 0.16٪ من إجمالي استهلاك الطاقة العالمي (يمثل النفط 69.2٪ والغاز الطبيعي 30.8٪)، وبلغت انبعاثات الكربون المتعلقة بالطاقة حوالي 0.2٪ من انبعاثات الكربون العالمية. حصة النفط والغاز الطبيعي من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هي 71.5٪ و 28.4٪ على التوالي.

يعتبر الوقود الأحفوري أكبر مساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في ليبيا يليه استهلاك الوقود السائل، بينما يعتبر استهلاك الوقود الصلب أقل مساهم (شكل 4).

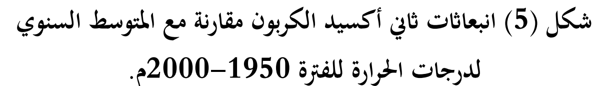
وأشار أيضاً إلى أن العلاقة بين تركيزات ثاني أكسيد الكربون ومتوسط درجات الحرارة السنوية في جميع أنحاء ليبيا كانت قوية خلال الفترة (1950–2000) كما هو مبين في شكل 5، وهذا يدل على أن زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هي أكبر مساهم حالياً ومستقبلاً في تغير المناخ الناجم عن الأنشطة البشرية.

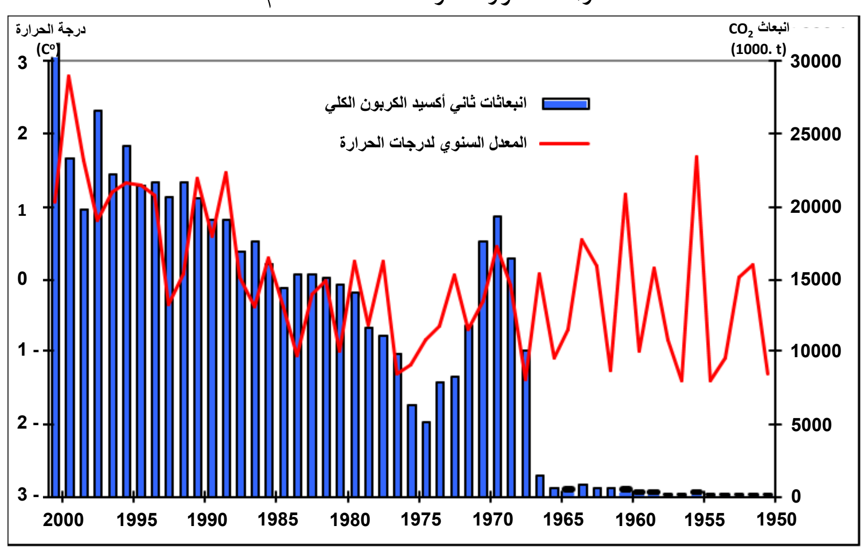


شكل (4) إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
من مصادر مختلفة في ليبيا (1950–2000)



المصدر: Marland, et al., 2003.


شكل (5) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة مع المتوسط السنوي لدرجات الحرارة للفترة 1950–2000م.



المصدر: Marland, et al., 2003 and Libyan Meteorological Department, Tripoli

من أجل التحقق من التغير المناخي الملحوظ في ليبيا، قام الطنطاوي بتحليل البيانات المناخية من خلال اتجاهات درجات الحرارة، وهطول الأمطار، والرطوبة النسبية، وكمية السحب في فترات الدراسة (1946–2000) و(1946–1975) و(1976–2000)، وكذلك مقارنة النتائج بالمقاييس العالمية، حيث يمكن تلخيص النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة على النحو التالي:

أ- كانت اتجاهات متوسط درجة الحرارة السنوية خلال الفترة 1946–2000 موجبة في جميع محطات الدراسة باستثناء محطة واحدة، وسادت اتجاهات سلبية في معظم المحطات خلال الفترة 1946–1975، بينما كانت الاتجاهات أكثر إيجابية في جميع محطات الدراسة خلال الفترة 1976–2000 وهو ما يطابق اتجاه الاحترار العالمي.

كما تم ملاحظة اتجاهات إيجابية لمتوسط درجات الحرارة الدنيا في جميع المحطات المرجعية خلال الفترات 1946–2000 و 1976–2000، بينما سادت الاتجاهات السلبية في معظم المحطات خلال الفترة 1946–1975. بالنسبة لمتوسط درجة الحرارة القصوى فقد ظهرت اتجاهات إيجابية خلال الفترة 1946–2000 و 1976–2000

في معظم المحطات، بينما كانت معظم الاتجاهات سلبية خلال الفترة 1946-1975. زادت درجة الحرارة الدنيا بما يقارب من ضعف معدل الحد الأقصى لدرجات الحرارة في معظم المحطات. فيما يتعلق بدرجات الحرارة الموسمية، يحدث الاحترار في الغالب في الصيف والخريف على عكس الملاحظات العالمية التي تحدد الاحترار في الغالب في الشتاء والربيع في كلتا فترتي الدراسة.

ب- خلال الفترة 1946-2000، لوحظت متغيرات كبيرة بين السنوات وفي السنة نفسها. وقد لوحظت اتجاهات إيجابية لمجموع هطول الأمطار السنوية من عام 1946 إلى عام 2000، واتجاهات سلبية من عام 1976 إلى 2000 في معظم المحطات. كانت تقلبات هطول الأمطار الموسمية فوق ليبيا أكثر وضوحاً في الفترة 1976-2000 خلال الفترة 1951-1975 ممَّا يشير إلى الحجم المتزايد لتغير المناخ في الآونة الأخيرة.

الفاضلي (2012) في أطروحة الماجستير قام بإعداد دراسة شاملة تتعلق بتطور خصائص درجات الحرارة وهطول الأمطار في ليبيا وتحليل السلاسل الزمنية على المستوى الوطني والإقليمي على مدى الخمسين سنة الماضية؛ مما ساعد على تشخيص التوزيع المكاني للاتجاهات المستمرة، علاوة على ذلك حاول تقييم آثار تغير المناخ على محصول القمح. وأشار إلى أن ليبيا شهدت مؤخراً ارتفاعاً في درجات الحرارة بحلول نهاية التسعينيات متأخراً بحوالي 10 سنوات عن بداية الاحتباس الحراري العالمي، والذي كان على أساس معدل طويل الأجل خلال الفترة (1961-2010).

لقد شهد هطول الأمطار على المستوى الوطني انخفاضاً ملحوظاً منذ منتصف القرن الماضي، بالإضافة إلى انخفاض في عدد الأيام الممطرة بمقدار حوالي نصف يوم كل 10 سنوات.

تتوقع سيناريوهات تغير المناخ انخفاضاً كبيراً في كميات هطول الأمطار فوق ليبيا تصل إلى 40٪، وزيادة في بعض الظواهر المناخية المتطرفة الأخرى، مثل الفيضانات والفيضانات المفاجئة والجفاف وموجات الحرارة، من حيث الشدة والحجم.

وأشار كذلك إلى أن ليبيا هي من بين أكثر الدول عرضة لتأثيرات تغير المناخ في العالم بسبب ندرة المياه فيها، وزيادة التقلبات في درجات الحرارة بين فصول السنة، إضافة إلى

الظواهر الجوية القاسية مثل الجفاف والفيضانات، مع وجود شريط ساحلي طويل. وسرد أكثر الآثار السلبية لتغير المناخ التي يمكن أن تحدث في ليبيا وهي:

- زيادة أوقات السخونة والجفاف في المستقبل.
- الفيضانات والتعرية الساحلية.
- زيادة امتداد رقعة وشدة التصحر.
- زيادة وتيرة شح المياه وتدهور نوعيتها.
- تراجع الإنتاج الزراعي.
- فقد العديد من النظم البيئية القيمة.
- تدهور استخدامات الأراضي.

3- مؤشرات التغير المناخي في ليبيا

في تقرير غير منشور حدد الفاضلي (2020) بعض مؤشرات التغير المناخي في ليبيا أهمها:

أ- انخفض معدل هطول الأمطار السنوي في ليبيا بشكل ملحوظ وشبه مستمر، حيث بلغ معدل الانخفاض حوالي 13٪ بمعدل قدر بحوالي 1٪ لكل عقد من الزمن خلال الفترة 1901 – 2019، أضف إلى ذلك فإن المعدلات المناخية لمدة 30 عام الماضية (1991-2020) كانت هي الأقل أمطاراً مقارنة بنظيراتها منذ سنة 1901، حيث شحت عن معدلاتها في القرن الماضي (1901 – 2000) بحوالي 8.5٪، بينما تم تصنيف العقدين الأخيرين (2001 – 2010) و (2011 – 2020) على أنهما الأسوأ حيث شح فيهما هطول الأمطار على البلاد.

ب- عدد الأيام الممطرة على البلاد شهدت تناقصاً خلال الفترة من 1961 إلى 2010 وصل إلى 2٪ لكل عشرة سنوات، ومن المرجح أن يتعرض انتاج الحبوب في المناطق الغربية انخفاضاً كبيراً يصل إلى 35٪ خلال العشر سنوات القادمة، وذلك تحت ظروف سيناريوهات التغير المناخي الأقل تفاؤلاً.

ج- شهدت درجات الحرارة السنوية على ليبيا ارتفاعاً ملحوظاً ومستمراً بلغ حوالي 0.92 درجة مئوية خلال الفترة 1901-2019، بمعدل تزايد قدر بحوالي 0.08 درجة مئوية

لكل عقد، وهو ما يتوافق تقريباً مع الزيادة التي شهدتها الكرة الأرضية خلال الفترة 1880 – 2019، والتي تقدر بأكثر من 1.0 درجة مئوية، كما شهدت درجات الحرارة العظمي ارتفاعاً ملحوظاً خلال 30 سنة الماضية (1991-2020) مقارنة بالسنوات التي قبلها بنحو 0.74 درجة مئوية. كما صنفت آخر ثلاثة عقود كأحر 30 سنة شهدتها البلاد، وهي على التوالي (2001-2010) و(2011-2020) و(1991-2000).

د- ستتعرض الأجزاء الشمالية من البلاد لمخاطر الجفاف إلى حد كبير خلال الفترة من 2020 إلى 2050 نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض هطول الأمطار.

هـ- حوالي 82٪ من مساحة الغطاء النباتي في ليبيا (حوالي 7٪ من مساحة البلاد) قد تعرض لمخاطر الجفاف الشديد جداً بفعل التغيرات المناخية خلال الفترة من 2000 إلى 2014.

و- تعتبر الفيضانات التي اجتاحت مناطق غات في أقصى الجنوب الغربي لليبيا خلال الفترة من 1 إلى 6 يونيو 2019 (شكل 6) من أقوى مؤشرات تطور التغير المناخي الحديث على ليبيا، حيث تم تصنيفها من أعنف الفيضانات المتطرفة والغير مسبوقة مناخياً على الأقل منذ حوالي 130 سنة ماضية، مع العلم بأن المنطقة شهدت حوالي 26 فيضاناً مختلفاً ليست بنفس حجم هذا الفيضان الذي سبب اضراراً وخسائر مادية وبيئية. فقد سبب هذا الفيضان في حدوث الأضرار التالية:

- حدوث أضرار لمعظم السكان، مما سبب في نزوح أكثر من 600 أسرة (حوالي 1500 نازح).
- وفاة أربعة أشخاص من ضمنهم ثلاث أطفال، وحدوث أضرار بسيطة لأكثر من 30 شخص أخرين.
- ظهور الأمراض ومن ضمنها الإسهال الحاد نتيجة تلوث مياه الشرب في المنطقة.
- انقطاع الاتصالات، والتيار الكهربائي عن غات والمناطق المجاورة لها.
- جرفت السيول أشجار النخيل وغمرت المياه الطرق والمنازل، وهذا سبب لجو بعض السكان إلى أسطح المباني ونزوح العديد من المواطنين من بيوتهم.

شكل (6) صور للفيضانات التي اجتاحت مناطق غات خلال الفترة من 1 إلى 6 يونيو 2019

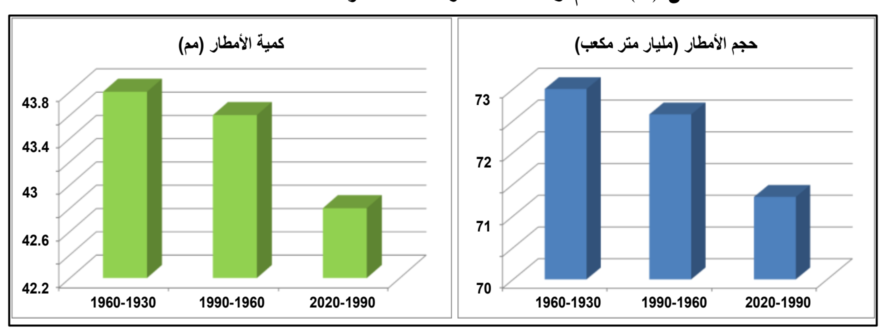


ز- ظهور دوامات كبيرة غير عادية (شواهق مائية)، وهي عبارة عن مسطح مائي دائري على بعض السواحل الليبية، خاصة خلال السنوات العشر الماضية، مما يشير إلى تغير دراماتيكي في معدلات درجات حرارة سطح البحر بالقرب من السواحل الليبية. ظهرت هذه الدوامات على سبيل المثال أربعة مرات خلال عام 2015، في يناير على شواطئ مدينة طرابلس وتاجوراء، وفي مايو على شواطئ غرب مدينة البيضاء، وفي اغسطس على شواطئ مدينة مصراتة، وفي اكتوبر على منطقة أبونجيم بعد عبورها من البحر إلى اليابسة، بالإضافة إلى تكرر ضهور شواهق مائية على شواطئ بعض المناطق، حيث ظهرت في اكتوبر 2017 على شواطئ مدينة طرابلس، وفي اكتوبر 2019 على شواطئ مدينة زليتن، وفي يناير 2020 على شواطئ مدينة الزاوية، وهي تنتمي إلى عائلة الأعاصير البحرية وتطورها يشير إلى احتمال اشتداد قوتها مستقبلاً وتغطيتها لمساحة أكبر بحراً وبراً، وقد تسبب في حدوث أضرار وخسائر كبيرة.

الفاضلي (2021) في العرض المرئي الخاص بتقييم موسم الأمطار 2020-2021 في ليبيا والذي قدمه في المنتدى العربي حول ندرة المياه وحصادها وأثرها الاجتماعي

والاقتصادي والبيئي على التنمية المستدامة وضح كميات وأحجام مياه الأمطار، وتوزيعها الموسمي خلال الفترات 1930-1960 و 1960-1990 و1990-2020، كما هو مبين في شكل (7). كما توضح الخرائط في شكل (8) الانخفاض في متوسط هطول الأمطار خلال موسم الأمطار 2020-2021 مقارنة بمتوسط هطول الأمطار خلال الموسم 1950-2000.

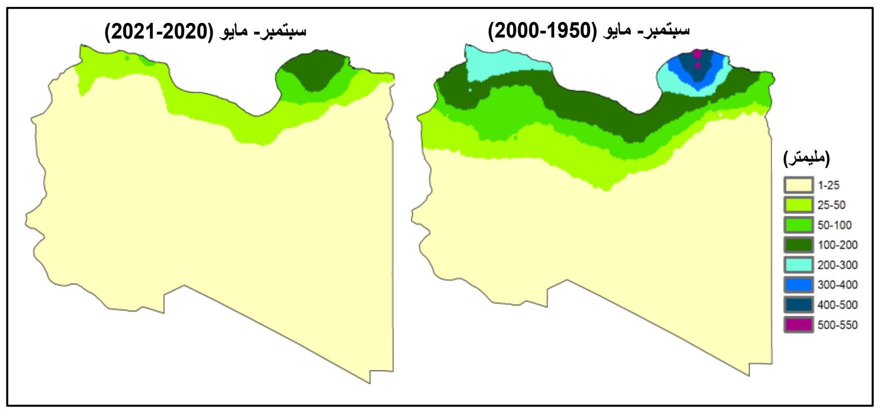
شكل (7) حجم وكمية الأمطار خلال الفترة 1930-2020.



المصدر: (الفاضلي، 2021)

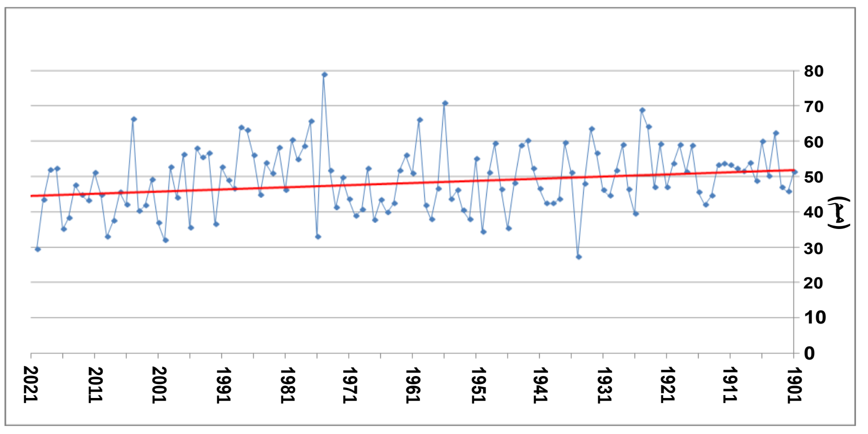
يوضح شكل (9) الاتجاه العام للسلسلة الزمنية الموسمية لهطول الأمطار خلال الفترة من 1901 إلى 2021، بينما يوضح شكل (10) أجف وأرطب 10 سنوات في تاريخ التسجيلات المناخية في ليبيا خلال الفترة 1901-2021.

شكل (8) أمطار الموسم (2020-2021) مقارنة بالأمطار خلال الفترة (1950-2000)



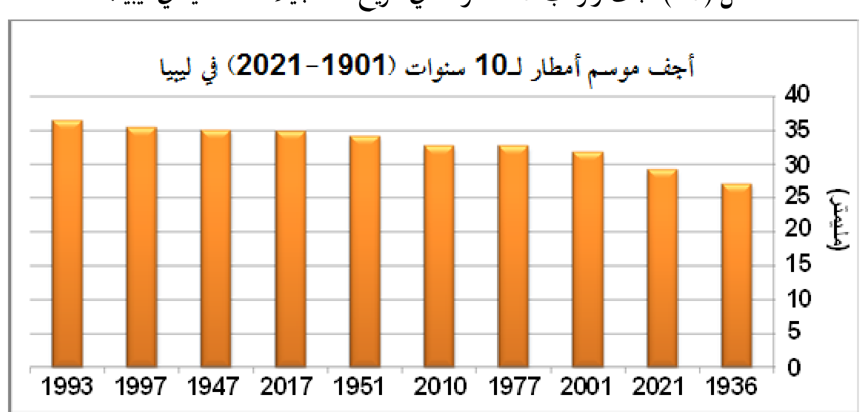
المصدر: (الفاضلي، 2021)

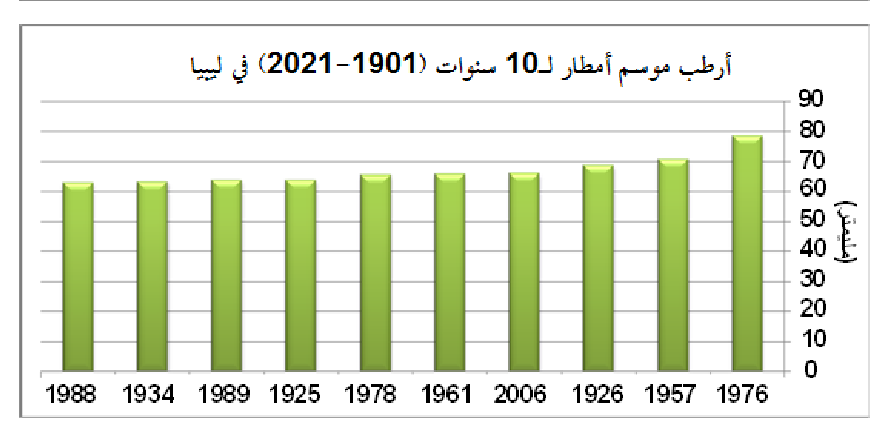
شكل (9) الاتجاه العام والتغير الزمني للأمطار الموسمية (1901–2021).



المصدر: (الفاضلي، 2021).

شكل (10) أجف وأرطب 10 سنوات في تاريخ التسجيلات المناخية في ليبيا.





المصدر: (الفاضلي، 2021).

من خلال هذا الشكل يمكن ملاحظة بأن أسوء حالات الجفاف التي مرت بها البلاد خلال الفترة 1901-2021 كانت على النحو الآتي:

- 6 سنوات خلال الفترة من 1991 إلى 2021.
- 4 سنوات خلال الفترة من 2001 إلى 2021.
- 2 سنوات خلال الفترة من 2011 إلى 2021.

أما أكثر 10 سنوات رطوبة مرت بها البلاد فكانت معظمها قبل عام 1990، أي أن الثلاثة عقود الأخيرة تعتبر أكثر السنوات جفافاً التي مرت بها البلاد منذ 1901.

4- تأثير التغير المناخي في ليبيا:

من خلال ما تم عرضه يمكن تلخيص بعض الآثار الناجمة عن التغير المناخي في ليبيا فيما يأتي:

أ- تشكل التغيرات المناخية والبيئية تهديداً واضحاً للأمن الغذائي، وتعدّ ندرة المياه (نقص المياه) وطول فترات الجفاف، وتدهور التربة وتآكلها من أهم العوامل التي تؤثر على قطاعي الزراعة والثروة الحيوانية في ليبيا.

يمكن أن تتسبّب الأحداث المناخية المتطرّفة كالجفاف والموجات الحرارية وقلة الأمطار وعدم انتظامها في موت الكثير من الاشجار والمزروعات، وستوثر على الغطاء النباتي؛ مما سيؤدي إلى اتساع رقعة الصحراء (التصحر)، وزحف الرمال، وانخفاض الإنتاج الزراعي والحيواني الذي بدوره سيهدد الأمن الغذائي.

ب- عدم توفر المياه بالكمية والنوعية المناسبة للاستخدامات المختلفة سيكون له تأثير على التنمية الحضرية والزراعية والصناعية.

ج- نتيجة لانخفاض معدلات هطول الأمطار خلال الموسم (2020-2021) وارتفاع درجات الحرارة مع زيادة معدلات التبخر، أدى ذلك إلى جفاف بعض بحيرات السدود، على سبيل المثال ما حدث لبحيرة سد وادي كعام في منطقة الخمس من جفاف كامل للمياه المحجوزة خلف السد كما يظهر في الصورة التي التقطت في 9 اغسطس 2021 (شكل 11). علماً بأن متوسط الحجم السنوي للمياه المحتجزة

خلف هذا السد حوالي 13 مليون متر مكعب.

شكل (11) جفاف بحيرة سد وادي كعام في أغسطس 2021.



د- يعتمد نجاح الزراعة البعلية في المناطق الجبلية المتمثلة في محاصيل الحبوب كالقمح والشعير، بالإضافة إلى أشجار الزيتون والتين والنخيل على كمية الأمطار وانتظام توزيعها خلال الموسم المطري، كما تعتمد تربية الماشية على الأمطار، حيث تؤدي ندرتها إلى فقر مناطق المراعي، وهذا بدوره سيؤدي إلى الاعتماد على الأعلاف، مما يزيد من تكلفة الإنتاج الحيواني.

هـ- أكدت بعض الدراسات العلمية في دول الجوار أن ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة، وقلة توافر المياه، وانخفاض معدلات هطول الأمطار نتيجة التغيرات المناخية، سيقلل من صافي إنتاجية المحاصيل الزراعية، وسيؤدي إلى زيادة الآفات والأمراض النباتية.

و- في المناطق الجنوبية ستؤثر درجات الحرارة المنخفضة في الشتاء وارتفاعها لفترات طويلة في شهر يوليو على إنتاج النخيل من تمور.

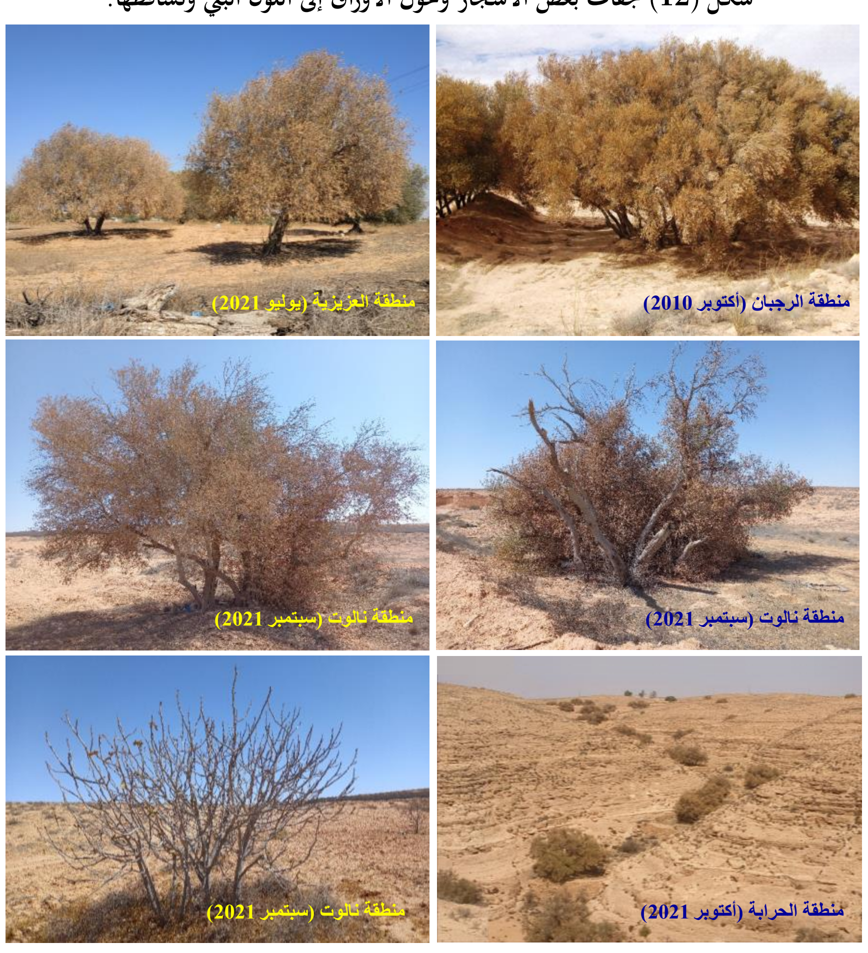
ز- تسبب ارتفاع درجات الحرارة فوق المعدلات العادية وانخفاض معدلات هطول الأمطار إلى:

- جفاف بعض الأشجار وتحول الأوراق إلى اللون البني وتساقطها ويمكن أن يؤدي إلى موت هذه الأشجار، وهذا ما حدث لبعض أشجار الزيتون في بعض المناطق. شكل (12) يوضح جفاف أشجار الزيتون في منطقة الرجبان (جبل نفوسة) في 2010، وفي منطقة العزيزية (سهل الجفارة) في 2021، وأشجار الزيتون والتين في منطقة نالوت في 2021.

كما لوحظ انخفاض إنتاج أشجار البرتقال، وبعض الأشجار المثمرة وتدني جودة ثمارها (حجم صغير وجاف) وتساقطها بكميات كبيرة خلال عامي 2021 و 2022.

- زيادة احتياج المحاصيل الزراعية للمياه نتيجة فقد الماء من سطح التربة عن طريق عملية البخر، وفقد الماء من النباتات عن طريق عملية النتح، مما سيؤدي إلى زيادة استهلاك المياه في الري.
- جفاف بعض العيون المائية، وقلة إنتاجية أغلبها في مناطق جبل نفوسة والجبل الأخضر خلال موسم الأمطار (2020-2021).

شكل (12) جفاف بعض الأشجار وتحول الأوراق إلى اللون البني وتساقطها.



ح- لا توجد علاقة مباشرة بين التغير المناخي وحدوث الحرائق، ولكن هناك علاقة ارتباط بين الارتفاع الكبير لدرجات الحرارة ووقوع بعض الحرائق في بعض المناطق. ارتفاع درجات الحرارة قد يكون أحد أهم الأسباب في سرعة انتشار الحرائق، حتى لو كان سببها الإنسان.

بسبب موجة الحر التي شهدتها عدة مناطق في ليبيا تم تسجيل حدوث حرائق في مزارع النخيل في بعض المناطق نذكر منها:

- شب حريق في مزارع النخيل بمنطقة مرادة في مساحة حوالي 2 كيلومتر مربع وأحرق حوالي 1000 شجرة نخيل في 14 فبراير 2021.
- الحريق الذي نشب في مشروع ايسين الزراعي في منطقة غات في 26 يونيو 2021، والذي أدى إلى احتراق مزارع أشجار النخيل وسبب في خسائر اقتصادية كبيرة.
- حدوث حريق في عدد من مزارع النخيل في مدينة زلة أدى إلى احتراق أكثر من 900 نخلة بتاريخ 3 أغسطس 2021.

ط- قد تؤدي ندرة المياه إلى صراع سياسي وخلافات بين الدول التي تتقاسم أحواض المياه المشتركة.

5- التوصيات:

تُعَدُّ ليبيا من أكثر المناطق جفافاً في العالم ومن المتوقع أن تواجه بشكل كبير تحديات خطيرة بسبب ظاهرة تغير المناخ في العقود القادمة، ونظراً لما لهذه الظاهرة من تأثيرات مباشرة على الأمطار وبالتالي على وفرة الموارد المائية المتاحة أو زيادة العجز المائي، بالإضافة الى تأثيرها على الإنتاج الزراعي، وما لهذه التغيرات من تأثير مباشر أيضاً على النواحي الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، لذلك يجب أن يتم إعداد برنامج متكامل لمراقبة تطور الأوضاع المناخية وتطوير الدراسات والبحوث التي تساعد على التنبؤ بالتأثيرات المحتملة لتلك الظاهرة، ووضع الخطط لمواجهة هذه الظاهرة أو التأقلم معها على أن يتضمن البرنامج:

- استكمال شبكات محطات الارصاد الجوية من خلال تركيب المزيد من المحطات المناخية لتغطي كافة مناطق البلاد.
- تجميع كافة البيانات المناخية بشكل دوري ومنتظم وتبويبها، وإعداد قاعدة للبيانات المناخية.

- اقتراح شبكات الرصد الخاصة بالدراسات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية ومتابعة تنفيذها وتجميع قراءاتها.
- تحليل البيانات والقراءات المتحصل عليها وإعداد الدراسات اللازمة لمتابعة تطور الاوضاع المناخية.
- إعداد أطلس للأمطار والتبخر.
- إعداد دليل التغيرات المناخية للأمطار.
- رصد وتتبع الظواهر المناخية المتطرفة التي تؤثر على ليبيا وتقييم علاقتها بتغير المناخ.
- عرض ودراسة مؤشرات التغير المناخي ومحاكاة وتقييم آثارها بهدف إنتاج دليل وطني لمؤشرات التغير المناخي على ليبيا.
- إمكانية وضع دراسة استراتيجية لتأثير تغير المناخ على المياه الجوفية وخاصة السطحية.
- تعزيز القدرات في اكتشاف ودراسة التغير المناخي المستقبلي وانعكاساته على البيئة والموارد المائية والزراعة وغيرها، باستخدام نماذج لتقييم آثار التغيرات المناخية المتوقعة.
- رصد حالات الجفاف وتطورها والإنذار المبكر بها.
- المراقبة والإنذار المبكر للفيضانات والسيول والعواصف المطير.
- إنتاج خرائط وطنية لأكثر المناطق هشاشة وحساسية للجفاف والفيضانات وتصنيفها مكانياً وزمانياً.
- بناء القدرات وتعزيزها في مجالات الكشف والتكيف والتخفيف من آثار تغير المناخ وتقييم آثاره، وخاصة على قطاعات المياه المختلفة وكذلك القطاعات الاجتماعية والاقتصادية الأخرى ذات الصلة.
- لمواجهة التغير المناخي على الموارد المائية والانتاج الزراعي يجب الاتجاه إلى الاستفادة القصوى من الموارد المائية غير التقليدية (مياه الصرف الصحي المعالجة وتحلية مياه البحر).
- ترشيد استخدام المياه في الري، وذلك من خلال إدخال نظم الري الحديثة وتحديد ساعات الري وتقليص المساحات المروية وإعادة النظر في التركيبة المحصولية لبعض المشاريع القائمة.

6- المراجع

- المراجع العربية:

- الباروني، سليمان صالح، (1994)، تأثير الاستغلال المفرط للمياه الجوفية في ليبيا. ندوة الموارد المائية في الوطن العربي، 26-1994/11/28، الجمعية الجغرافية المصرية ومركز بحوث الشرق الأوسط. القاهرة - مصر.
- الباروني، سليمان صالح، (2015)، الوضع المائي في ليبيا. مجلد ابحاث المؤتمر الوطني للمياه "امكانيات وآفاق"2013/11/7م، الجمعية الليبية لعلوم الأرض، طرابلس- ليبيا.
- الفاضلي، خالد إبراهيم (2020) مؤشرات التغير المناخي في ليبيا (تقرير غير منشور). المركز الوطني الليبي للإرصاد الجوية، طرابلس - ليبيا.
- الفاضلي، خالد إبراهيم، (2021)، تقييم موسم أمطار 2021/2020 في ليبيا. المنتدى العربي لندرة وحصاد المياه وأثره الاجتماعي والاقتصادي والبيئي على التنمية المستدامة، 12-2021/07/13، المركز الليبي للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء، طرابلس - ليبيا.

- المراجع الأجنبية:

- El- Baruni, S. S. (2021) Water Resources in Libya (Development, Assessment, and Management of Water Resources in Libya). Unpublished book, Tripoli-Libya (in Arabic).
- El Fadli, K. I. (2012). Climate Change over Libya and impacts on agriculture. M.Sc. Thesis, Faculty of Science, Ciro University.
- El Tantawi, 2005. Climate Change in Libya and Desertification of Jifara Plain. Ph D. Thesis, der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.
- IPCC (2019) Climate Change and Land, a special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Jones, P. D., Parker, D. E., Osborn, T. J. and Briffa, K. R. (2001). Global and hemispheric temperature anomalies, land and marine instrumental records. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.

- Marland, G., Boden, T. A. and Andres, R. J. (2003). Carbon Dioxide Information Analysis Center: Global, Regional, and National annual CO_2 emissions from fossil fuel burning, cement production, and gas flaring 1751-2000.

- MedECC (2019). Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterran